



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 06209209 A

(43) Date of publication of application: 26.07.1994

(51) Int. Cl. H01Q 3/38

(21) Application number: 05002470

(22) Date of filing: 11.01.1993

(71) Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(72) Inventor: ISHII TAKASHI
SHIRAMATSU KUNIAKI
SUZUKI TATSUHIKO
AOKI TOSHIHIKO

(54) PHASED ARRAY ANTENNA DEVICE

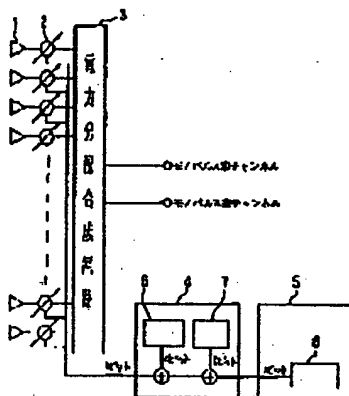
5.

COPYRIGHT: (C)1994 JPO&Japio

(57) Abstract

PURPOSE: To obtain a phased array antenna in which beam scanning can be attained precisely beyond the calculating precision of a beam control computer.

CONSTITUTION: Phase data obtained by quantizing phase shifting amounts for correcting a deviation from an ideal wave front due to the difference of an electric length from an electric power distributing and compounding circuit 3 to each element antenna 1 by the same calculating precision as a beam control computer 5 are provided in a phase shifter controller 4 which controls phase shifters 2. Moreover, the phase data to which the random phase data for correcting the insufficient calculating precision are added are provided, and added to a quantized phase θ for beam scanning transmitted from the beam control computer



特開平6-209209

(43)公開日 平成6年(1994)7月26日

(51)Int. Cl.⁵

H 0 1 Q 3/38

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7015-5J

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全21頁)

(21)出願番号 特願平5-2470

(22)出願日 平成5年(1993)1月11日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 石井 隆司

鎌倉市上町屋325番地 三菱電機株式会社

鎌倉製作所内

(72)発明者 白松 邦昭

鎌倉市上町屋325番地 三菱電機株式会社

鎌倉製作所内

(72)発明者 鈴木 純彦

鎌倉市上町屋325番地 三菱電機株式会社

鎌倉製作所内

(74)代理人 弁理士 高田 守

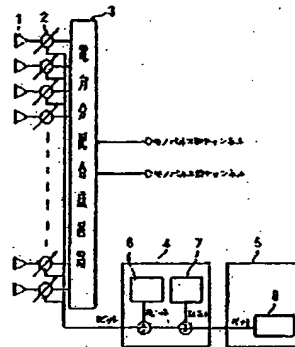
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フェーズドアレーアンテナ装置

(57)【要約】

【目的】 ビーム制御計算機の計算精度で実現できる以上の精度でビーム定査を行うことのできるフェーズドアレーアンテナ装置を得ることを目的としている。

【構成】 移相器2の制御を行う移相器制御装置4内に、電力分配合成回路3から各素子アンテナ1までの電気長の違いによる理想波面からのずれを補正する移相量をビーム制御計算機5と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを加えた位相データを持ち、ビーム制御計算機5から送られる量子化されたビーム定査用位相8に加え構成にした。



- 1: 素子アンテナ
- 2: 配線
- 3: 電力分配合成回路
- 4: ビーム制御計算機
- 5: 電力分配合成回路
- 6: 電力分配合成回路
- 7: 乱数発生回路
- 8: ビーム定査用位相

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器、上記各移相器に電力分配する電力分配合成回路、上記移相器を制御する移相器制御装置、上記移相器制御装置に送るための量子化されたビーム走査用位相を計算することにおいて所望の細かさでビーム走査を行うのに必要な計算精度を持たないビーム制御計算機からなるアンテナ装置において、上記電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相量をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項2】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器、上記各移相器に電力分配する電力分配合成回路、上記移相器を制御する移相器制御装置、上記移相器制御装置に送るための量子化されたビーム走査用位相を計算することにおいて所望の細かさでビーム走査を行うのに必要な計算精度を持たないビーム制御計算機からなるアンテナ装置において、使用周波数帯域内で複数個の上記電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正するための移相量をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に関係なく1つ保持し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項3】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器、上記各移相器に電力分配する電力分配合成回路、上記移相器を制御する移相器制御装置、上記移相器制御装置に送るための量子化されたビーム走査用位相を計算することにおいて所望の細かさでビーム走査を行うのに必要な計算精度を持たないビーム制御計算機からなるアンテナ装置において、上記電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相量を所望の細かさでビーム走査を行うのに必要な計算精度で量子化した位相データを保持し、上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項4】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器、上記各移相器に電力分配する電力分配合成回路、上記移相器を制御する移相器制御装置、上記移相器制御装置に送るための量子化されたビーム走査用位相を計算することにおいて所望の細かさでビーム走査を行うのに必要な計算精度を持たないビーム制御計算機からなるアンテナ装置において、

上記電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相量をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生装置を有し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項5】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器、上記各移相器に電力分配する電力分配合成回路、上記移相器を制御する移相器制御装置、上記移相器制御装置に送るための量子化されたビーム走査用位相を計算することにおいて所望の細かさでビーム走査を行うのに必要な計算精度を持たないビーム制御計算機からなるアンテナ装置において、使用周波数帯域内で複数個の上記電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正するための移相量をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に関係なく1つ発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項6】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器とビーム走査するための移相量を加算する位相演算回路を含んだモジュール、上記各モジュールに電力分配する電力分配合成回路、上記モジュールに送るための量子化されたビーム走査用位相を所望の細かさでのビーム走査を行うのに十分な計算精度で計算するビーム制御計算機において、上記モジュール内の位相相演算回路が所望の細かさでビーム走査を行うために必要な計算精度を持たない場合、上記電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを上記モジュール内の位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項7】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器とビーム走査するための移相量を加算する位相演算回路を含んだモジュール、上記各モジュールに電力分配する電力分配合成回路、上記モジュールに送るための量子化されたビーム走査用位相を所望の細かさでのビーム走査を行うのに十分な計算精度で計算するビーム制御計算機において、上記モジュール内の位相演算回路が所望の細かさでビーム走査を行うために必要な計算精度を持たない場合、使用周波数帯域内で複数個の上記電力分配合成回路から各素子ア

ンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正するための位相データを上記モジュール内の位相演算回路と同じ計算精度で量子化した周波数帯域ごとの位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に關係なく1つ保持し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項8】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器とビーム走査するための移相量を加算する位相演算回路を含んだモジュール、上記各モジュールに電力分配する電力分配成回路、上記モジュールに送るための量子化されたビーム走査用位相を所望の細かさでのビーム走査を行うのに十分な計算精度で計算するビーム制御計算機において、上記モジュール内の位相演算回路が所望の細かさでビーム走査を行うため必要な計算精度を持たない場合、上記電力分配成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを所望の細かさでビーム走査を行うため必要な計算精度で量子化した位相データを保持し、上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項9】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器とビーム走査するための移相量を加算する位相演算回路を含んだモジュール、上記各モジュールに電力分配する電力分配成回路、上記モジュールに送るための量子化されたビーム走査用位相を所望の細かさでのビーム走査を行うのに十分な計算精度で計算するビーム制御計算機において、上記モジュール内の位相演算回路が所望の細かさでビーム走査を行うため必要な計算精度を持たない場合、上記電力分配成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを上記モジュール内の位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項10】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器とビーム走査するための移相量を加算する位相演算回路を含んだモジュール、上記各モジュールに電力分配する電力分配成回路、上記モジュールに送るための量子化されたビーム走査用位相を所望の細かさでのビーム走査を行うのに十分な計算精度で計算するビーム制御計算機において、上記モジュール内の位相演算回路が所望の細かさでビーム走査を行うため必要な計算精度を持たない場合、戻用周波数帯域内で複数個の上記電力分配成回路から各素子ア

ンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正するための位相データを上記モジュール内の位相演算回路と同じ計算精度で量子化した周波数帯域ごとの位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に關係なく1つ発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項11】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器とビーム走査するための移相量を演算する位相演算回路を含んだモジュール、上記各モジュールに電力分配する電力分配成回路、上記モジュール内の位相演算回路にてビーム走査用位相を演算するのに必要な素子座標と波長データとビーム指向方向を演算しモジュールに設定するビーム制御計算機において、上記モジュール内の位相演算回路が所望の細かさでビーム走査を行うため必要な計算精度を持たない場合、上記電力分配成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを上記モジュール内の位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項12】 複数個の素子アンテナ、これら素子アンテナに対応するデジタル形の移相器とビーム走査するための移相量を演算する位相演算回路を含んだモジュール、上記各モジュールに電力分配する電力分配成回路、上記モジュール内の位相演算回路にてビーム走査用位相を演算するのに必要な素子座標と波長データとビーム指向方向を演算しモジュールに設定するビーム制御計算機において、上記モジュール内の位相演算回路が所望の細かさでビーム走査を行うため必要な計算精度を持たない場合、上記電力分配成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを上記モジュール内の位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データを上記ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えることを特徴とするフェーズドアレーアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、位相制御によりビーム走査を行うフェーズドアレーアンテナの微小ビーム走査特性の改善に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のフェーズドアレーアンテナについて説明する。図17は従来のフェーズドアレーアンテナ

を示す図であり、1は素子アンテナ、2は移相器、3は電力分配合成回路、4は移相器制御装置、5はビーム制御計算機、6は電気長補正データ、8はビーム走査用位相である。

【0003】次に、動作について説明する。空間より各素子アンテナ1に入射した信号は移相器2により位相制御して、電力分配合成回路3にて入力される。電力分配合成回路3では素子アンテナ1からの信号を合成しモノパルス相信号とモノパルス差信号を生成して出力する。

【0004】一方、移相器2は移相器制御装置4からの移相器制御信号によって動作する。この移相器制御信号は、ビーム制御計算機5によって計算された所望の方向にビームを向けるためのビーム走査用位相と、移相器制御装置4内に保持されている工作精度のばらつきによる電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による各素子アンテナの励振位相の理想波面（例えば、等位相波面）からのずれを補正する位相データを加えたデータである。

【0005】次に、移相器2に位相データを設定する処理について説明する。ビーム走査を行うためのビーム走査用位相計算はビーム制御計算機5によって行われるが、どれだけビームを細かく制御できるかは、移相器2のビット数、ビーム制御計算機5の計算を行うビット数、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データの量子化ビット数によって決まる。従来のフェーズドアレイアンテナにおいては、ビーム制御計算機5の計算を行うビット数と、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による各素子アンテナの励振位相の理想波面からのずれを補正する位相データの量子化のビット数は等しくなるよう構成されている。

【0006】図18は、ビーム制御計算機5でビーム走査用位相データを計算してから移相器2に設定されるまでの演算フローを示したものである。

【0007】図18に示すような量子化された計算を行う場合、最終の移相器に設定される位相データには計算過程で発生した誤差が含まれる。

【0008】ビーム走査を行うための各移相器のビーム走査用位相の計算から実際に移相器に与える位相データを計算するまでの計算過程で発生する誤差が、移相器に設定する位相データのL、S、Bに影響を与える確率Perrは次式で与えられる。

【0009】

【数1】

$$P_{ERR} = 0.5 + 2^{A-B}$$

【0010】「数1」において、Aはビーム制御計算機の計算を行うビット数、Bは移相器のビット数である。また、移相器L、S、Bに誤差を含んだ素子数Nerrは次式で与えられる。

【0011】

【数2】

$$N_{ERR} = P_{ERR} \times N$$

【0012】「数2」においてNは全素子数である。また、誤差を含んだ素子によるビーム方向変化の最大値は次式で与えられる。

【0013】

【数3】

$$\Delta\theta = \frac{N_{ERR} \cdot \phi}{2 \cdot k \cdot \cos \theta - \sum_{i=1}^{N/2} E_i \cdot X_i}$$

【0014】「数3」において、 ϕ はデジタル移相器の最小位相変化量、kは波数、 θ はビーム走査角、 E_i はi番目の素子の振幅、 X_i はi番目の素子の座標である。

【0015】「数3」で示される値が発生するのは、ビーム制御計算機で計算されたビーム走査用位相データのAビットのビット列のうち、上位のBビットを除いた部分がすべて0となる場合において発生する。上記のような場合は、移相器に与えるBビットの位相データと量子化する前の真値（真値）での位相データが一致する場合であり、このときは量子化による誤差が存在しないことになる。この状態から、少しでもビーム走査を行った場合、量子化された位相データと真値の間には量子化による誤差が含まれることになり、「数3」で示される最大のビーム方向変化が発生する。これは、上記に状態が、Bビットに量子化された位相データと真値とが一致している状態から、少しでもビーム走査を行うために発生する量子化誤差を含んだ素子の配置がアンテナ面内に片寄って発生するためである。

【0016】よって、従来のフェーズドアレイアンテナの微小ビーム走査特性は、移相器のビット数と、ビーム制御計算機の計算ビット数によって決まる。

【0017】図19は、従来のフェーズドアレイアンテナにおける微小ビーム走査特性の計算結果を示す図である。計算は、移相器のビット数を5ビット、ビーム制御計算機の計算ビット数および電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差を補正する位相データの量子化ビット数を8ビットとした場合について行った。

【0018】また、図20は、「数3」で示される値が発生する場合の、誤差を含んだ素子のアンテナ面上での分布を示す図である。図中、9は誤差が+1ビットの素子、10は誤差が-1ビットの素子である。

【0019】図21は従来の他のフェーズドアレイアンテナを示す図であり、1は素子アンテナ、Mはモジュール、3は電力分配合成回路、5はビーム制御計算機、8はビーム走査用位相である。

【0020】図22は、モジュールMを示す図であり、

2は移相器、12は位相演算回路、13は低雑音増幅器、6は電気長補正データである。

【0021】次に、動作について説明する。空間より各素子アンテナ1に入射した信号はモジュールMへ入力されモジュール内の低雑音増幅器13により増幅、移相器2により位相制御して、電力分配合成回路3に入力される。電力分配合成回路3では各モジュールMからの信号を合成しモノパルス信号とモノパルス差信号を生成して出力する。

【0022】一方、モジュール内の移相器2は、モジュール内の位相演算回路12により、ビーム制御計算機5によって計算されたビーム走査用位相8と、上記位相演算回路12内に保持されている工作精度のばらつきによる局所位相の電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面（例えば、等位相波面）からのずれを補正する位相データ6とを加えた位相データにより制御される。

【0023】ビーム走査を行うためのビーム走査用位相計算はビーム制御計算機5によって行われるが、どれだけビームを細かく制御できるかは、移相器2のビット数、ビーム制御計算機5の計算を行うビット数、モジュール内位相演算回路12の計算ビット数、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データの量子化ビット数によって決まる。従来のフェーズドアレイアンテナにおいては、モジュール内位相演算回路12の計算を行うビット数と、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データの量子化ビット数は等しくなるよう構成されている。

【0024】図23は、ビーム制御計算機5でビーム走査用位相8を計算してからモジュールM内の移相器2に設定されるまでの演算フローを示したものである。

【0025】図23に示すような量子化された計算を行う場合、移相器2に設定される位相データには計算過程で発生した誤差が含まれる。ビーム走査を行うための各移相器2のビーム走査用位相8の計算から実際に移相器2に与える位相データを計算するまでの計算過程で発生する誤差が、移相器2に設定する位相データのL、S、Bに影響を与える電率Perrは次式で与えられる。

【0026】

【数4】

$$P_{ERR} = 0.5 + 2^{A-B}$$

【0027】「数4」において、Aはモジュール内位相演算回路12の計算を行うビット数、Bは移相器のビット数である。また、移相器のL、S、Bに誤差を含んだ素子数Nerrおよび誤差を含んだ素子によるビーム方向変化の最大値は上記した「数2」、「数3」で与えられる。

【0028】「数3」で示される値が発生するのは、モジュール内位相演算回路12で計算されたAビットのビット列のうち、上位のBビットを除いた部分がすべて0となる場合において発生する。上記のような場合は、移相器に与えるBビットの位相データと量子化する前の真値（真値）での位相データが一致する場合であり、このときは量子化による誤差が存在しないことになる。この状態から、少しでもビーム走査を行った場合、量子化された位相データと真値の間には量子化による誤差が含まれることになり、「数3」で示される最大のビーム方向変化が発生する。これは、上記に状態が、Bビットに量子化された位相データと真値とが一致している状態から、少しでもビーム走査を行うために発生する量子化誤差を含んだ素子の配置がアンテナ面内に片寄って発生するためである。

【0029】よって、従来のフェーズドアレイアンテナの微小ビーム走査特性は、移相器のビット数と、位相演算回路の計算ビット数によって決まる。

【0030】なお、従来のフェーズドアレイアンテナにおける微小ビーム走査特性の計算結果を図19に示す。計算は、移相器のビット数を5ビット、モジュール内位相演算回路の計算ビット数および電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差を補正する位相データの量子化ビット数を8ビットとした場合について行った。

【0031】また、「数3」で示される値が発生する場合の、誤差を含んだ素子のアンテナ面上での分布を図20に示す。

【0032】

【発明が解決しようとする課題】従来のフェーズドアレイアンテナ装置は、以上のように構成されているので、ビーム制御計算機又はモジュール内位相演算回路の計算精度で実現できる細かさのビーム走査特性しか得ることができないという問題点があった。

【0033】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、ビーム制御計算機又はモジュール内位相演算回路の計算精度で実現できる以上の細かさのビーム走査特性を持つフェーズドアレイアンテナ装置を得ることを目的としている。

【0034】

【課題を解決するための手段】この発明に係るフェーズドアレイアンテナ装置は、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相器をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、ビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0035】また、使用周波数帯域内で電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相器をビーム制御計算機と同じ

計算精度で量子化した位相データを複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に関係なく1つ保持し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0036】また、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相器を所望の細かさでビーム走査を行うのに必要な計算精度で量子化した位相データを保持し、ビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0037】また、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相器をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、ビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0038】また、使用周波数帯域内で電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相器をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データを複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に関係なく1つ発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0039】この発明に係るフェーズドアレイアンテナ装置は、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、モジュール内位相演算回路内でビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0040】また、使用周波数帯域内で電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度と同じ計算精度で量子化した位相データを複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に関係なく1つ保持し、モジュール内位相演算回路内でそれぞれの位相データをビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0041】また、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相器を所望の細かさでビーム走査を行うのに必要な計算精度で量子化した位相データを保持し、ビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0042】また、電力分配合成回路から各素子アンテナ

までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、モジュール内位相演算回路内でビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0043】また、使用周波数帯域内で電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度と同じ計算精度で量子化した位相データを複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に関係なく1つ発生する乱数発生回路を有し、モジュール内位相演算回路内でそれぞれの位相データをビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0044】また、ビーム制御計算機からの素子座標データと波長データとビーム指向方向からビーム走査用位相を演算すると同時に、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、位相演算回路にて不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、ビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0045】また、ビーム制御計算機からの素子座標データと波長データとビーム指向方向からビーム走査用位相を演算すると同時に、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、位相演算回路にて不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、ビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0046】

【作用】この発明は、ビーム制御計算機で不足している所望の細かさでビーム走査を行う計算精度を補う位相データを移相器制御装置内で加算するので、所望の細かさでビーム走査を行うことができる。

【0047】またこの発明は、モジュール内位相演算回路で不足している所望の細かさでビーム走査を行う計算精度を補う位相データをモジュール内位相演算回路内で加算するので、所望の細かさでビーム走査を行うことができる。

【0048】

【実施例】

実施例1. 図1はこの発明の1実施例を示す図であり、図において、1は素子アンテナ、2は移相器、3は電力分配合成回路、4は移相器制御装置、5はビーム制御計算機、6は電気長補正データ、7は計算精度補正データ

を示す図であり、1は素子アンテナ、2は移相器、3は電力分配合成回路、4は移相器制御装置、5はビーム制御計算機、6は電気長補正データ、8はビーム定査用位相である。

【0003】次に、動作について説明する。空間より各素子アンテナ1に入射した信号は移相器2により位相制御して、電力分配合成回路3にて入力される。電力分配合成回路3では各素子アンテナ1からの信号を合成しモノパルス相信号とモノパルス差信号を生成して出力する。

【0004】一方、移相器2は移相器制御装置4からの移相器制御信号によって動作する。この移相器制御信号は、ビーム制御計算機5によって計算された所望の方向にビームを向けるためのビーム定査用位相と、移相器制御装置4内に保持されている工作精度のばらつきによる電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による各素子アンテナの駆動位相の理想波面（例えば、等位相波面）からのずれを補正する位相データを加えたデータである。

【0005】次に、移相器2に位相データを設定する処理について説明する。ビーム定査を行うためのビーム定査用位相計算はビーム制御計算機5によって行われるが、どれだけビームを細かく制御できるかは、移相器2のビット数、ビーム制御計算機5の計算を行うビット数、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データの量子化ビット数によって決まる。従来のフェーズドアレイアンテナにおいては、ビーム制御計算機5の計算を行うビット数と、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による各素子アンテナの駆動位相の理想波面からのずれを補正する位相データの量子化のビット数は等しくなるよう構成されている。

【0006】図18は、ビーム制御計算機5でビーム定査用位相データを計算してから移相器2に設定されるまでの処理フローを示したものである。

【0007】図18に示すような量子化された計算を行う場合、最終の移相器に設定される位相データには計算過程で発生した誤差が含まれる。

【0008】ビーム定査を行うための各移相器のビーム定査用位相の計算から実際に移相器に与える位相データを計算するまでの計算過程で発生する誤差が、移相器に設定する位相データのL、S、Bに影響を与える率 P_{err} は次式で与えられる。

【0009】

【数1】

$$P_{err} = 0.5 + 2^{A-B}$$

【0010】「数1」において、Aはビーム制御計算機の計算を行うビット数、Bは移相器のビット数である。また、移相器L、S、Bに誤差を含んだ素子数 N_{err} は次式で与えられる。

【0011】

【数2】

$$N_{err} = P_{err} \times N$$

【0012】「数2」においてNは全素子数である。また、誤差を含んだ素子によるビーム方向変化の最大値は次式で与えられる。

【0013】

【数3】

$$\Delta\theta = \frac{N_{err} \cdot \phi}{2 \cdot k \cdot \cos\theta - \sum_{i=1}^{N/2} E_i \cdot X_i}$$

【0014】「数3」において、 ϕ はデジタル移相器の最小位相変化量、kは波数、 θ はビーム定査角、 E_i はi番目の素子の振幅、 X_i はi番目の素子の座標である。

【0015】「数3」で示される値が発生するのは、ビーム制御計算機で計算されたビーム定査用位相データのAビットのビット列のうち、上位のBビットを除いた部分がすべて0となる場合において発生する。上記のような場合は、移相器に与えるBビットの位相データと量子化する際の真値（真値）での位相データが一致する場合であり、このときは量子化による誤差が存在しないことになる。この状態から、少しでもビーム定査を行った場合、量子化された位相データと真値の間には量子化による誤差が含まれることになり、「数3」で示される最大のビーム方向変化が発生する。これは、上記に状態が、Bビットに量子化された位相データと真値とが一致している状態から、少しでもビーム定査を行うために発生する量子化誤差を含んだ素子の配置がアンテナ面内に片寄って発生するためである。

【0016】よって、従来のフェーズドアレイアンテナの微小ビーム定査特性は、移相器のビット数と、ビーム制御計算機の計算ビット数によって決まる。

【0017】図19は、従来のフェーズドアレイアンテナにおける微小ビーム定査特性の計算結果を示す図である。計算は、移相器のビット数を5ビット、ビーム制御計算機の計算ビット数および電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差を補正する位相データの量子化ビット数を8ビットとした場合について行った。

【0018】また、図20は、「数3」で示される値が発生する場合の、誤差を含んだ素子のアンテナ面上での分布を示す図である。図中、9は誤差が+1ビットの素子、10は誤差が-1ビットの素子である。

【0019】図21は従来の他のフェーズドアレイアンテナを示す図であり、1は素子アンテナ、Mはモジュール、3は電力分配合成回路、5はビーム制御計算機、8はビーム定査用位相である。

【0020】図22は、モジュールMを示す図であり、

2は移相器、12は位相補正回路、13は低雑音増幅器、6は電気長補正データである。

【0021】次に、動作について説明する。空間より各素子アンテナ1に入射した信号はモジュールMへ入力されモジュール内の低雑音増幅器13により増幅、移相器2により位相制御して、電力分配合成回路3にて入力される。電力分配合成回路3では各モジュールMからの信号を合成しモノパルス信号とモノパルス差信号を生成して出力する。

【0022】一方、モジュール内の移相器2は、モジュール内の位相補正回路12により、ビーム制御計算機5によって計算されたビーム走査用位相8と、上記位相補正回路12内に保持されている工作精度のばらつきによる励振位相の電力分配合成回路3から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面（例えば、等位相波面）からのずれを補正する位相データ6とを加えた位相データにより制御される。

【0023】ビーム走査を行うためのビーム走査用位相計算はビーム制御計算機5によって行われるが、どれだけビームを細かく制御できるかは、移相器2のビット数、ビーム制御計算機5の計算を行うビット数、モジュール内位相補正回路12の計算ビット数、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データの量子化ビット数によって決まる。従来のフェーズドアレーアンテナにおいては、モジュール内位相補正回路12の計算を行うビット数と、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データの量子化ビット数は等しくなるよう構成されている。

【0024】図23は、ビーム制御計算機5でビーム走査用位相8を計算してからモジュールM内の移相器2に設定されるまでの演算フローを示したものである。

【0025】図23に示すような量子化された計算を行う場合、移相器2に設定される位相データには計算過程で発生した誤差が含まれる。ビーム走査を行うための各移相器2のビーム走査用位相8の計算から実際に移相器2に与える位相データを計算するまでの計算過程で発生する誤差が、移相器2に設定する位相データのL、S、Bに影響を与える確率Perfは次式で与えられる。

【0026】

【数4】

$$P_{ERR} = 0.5 + 2^{A-B}$$

【0027】「数4」において、Aはモジュール内位相補正回路12の計算を行うビット数、Bは移相器のビット数である。また、移相器のL、S、Bに誤差を含んだ素子数Nerrおよび誤差を含んだ素子によるビーム方向変化の最大値は上記した「数2」、「数3」で与えられる。

【0028】「数3」で示される値が発生するのは、モジュール内位相補正回路12で計算されたAビットのビット列のうち、上位のBビットを除いた部分がすべて0となる場合において発生する。上記のような場合は、移相器に与えるBビットの位相データと量子化する前の実数（真値）での位相データが一致する場合であり、このときは量子化による誤差が存在しないことになる。この状態から、少しでもビーム走査を行った場合、量子化された位相データと真値の間には量子化による誤差が含まれることになり、「数3」で示される最大のビーム方向変化が発生する。これは、上記に状態が、Bビットに量子化された位相データと真値とが一致している状態から、少しでもビーム走査を行うために発生する量子化誤差を含んだ素子の配置がアンテナ面内に片寄って発生するためである。

【0029】よって、従来のフェーズドアレーアンテナの微小ビーム走査特性は、移相器のビット数と、位相補正回路の計算ビット数によって決まる。

【0030】なお、従来のフェーズドアレーアンテナにおける微小ビーム走査特性の計算結果を図19に示す。計算は、移相器のビット数を5ビット、モジュール内位相補正回路の計算ビット数および電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差を補正する位相データの量子化ビット数を8ビットとした場合について行った。

【0031】また、「数3」で示される値が発生する場合の、誤差を含んだ素子のアンテナ面上での分布を図20に示す。

【0032】

【発明が解決しようとする課題】従来のフェーズドアレーアンテナ装置は、以上のように構成されているので、ビーム制御計算機又はモジュール内位相補正回路の計算精度で実現できる細かさのビーム走査特性しか得ることしかできないという問題点があった。

【0033】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、ビーム制御計算機又はモジュール内位相補正回路の計算精度で実現できる以上の細かさのビーム走査特性を持つフェーズドアレーアンテナ装置を得ることを目的としている。

【0034】

【課題を解決するための手段】この発明に係るフェーズドアレーアンテナ装置は、電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相器をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、ビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0035】また、使用周波数帯域内で電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相器をビーム制御計算機と同じ

計算精度で量子化した位相データを複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に關係なく1つ保持し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0036】また、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相量を所望の細かさでビーム走査を行うに必要な計算精度で量子化した位相データを保持し、ビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0037】また、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相量をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、ビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0038】また、使用周波数帯域内で電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相量をビーム制御計算機と同じ計算精度で量子化した位相データを複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に關係なく1つ発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0039】この発明に係るフェーズドアレイアンテナ装置は、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、モジュール内位相演算回路内でビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0040】また、使用周波数帯域内で電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度と同一計算精度で量子化した位相データを複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に關係なく1つ保持し、モジュール内位相演算回路内でそれぞれの位相データをビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0041】また、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する移相量を所望の細かさでビーム走査を行うに必要な計算精度で量子化した位相データを保持し、ビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0042】また、電力分配合成回路から各素子アンテナ

までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、モジュール内位相演算回路内でビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0043】また、使用周波数帯域内で電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度と同一計算精度で量子化した位相データを複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に關係なく1つ発生する乱数発生回路を有し、モジュール内位相演算回路内でそれぞれの位相データをビーム制御計算機から送られる量子化されたビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0044】また、ビーム制御計算機からの素子座標データと波長データとビーム指向方向からビーム走査用位相を演算すると同時に、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、位相演算回路にて不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、ビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0045】また、ビーム制御計算機からの素子座標データと波長データとビーム指向方向からビーム走査用位相を演算すると同時に、電力分配合成回路から各素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路と同じ計算精度で量子化した位相データと、位相演算回路にて不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、ビーム走査用位相に加えるようにしたものである。

【0046】

【作用】この発明は、ビーム制御計算機で不足している所望の細かさでビーム走査を行う計算精度を補う位相データを移相器制御装置内で加算するので、所望の細かさでビーム走査を行うことができる。

【0047】またこの発明は、モジュール内位相演算回路で不足している所望の細かさでビーム走査を行う計算精度を補う位相データをモジュール内位相演算回路内で加算するので、所望の細かさでビーム走査を行うことができる。

【0048】

【実施例】

実施例1. 図1はこの発明の1実施例を示す図であり、図において、1は素子アンテナ、2は移相器、3は電力分配合成回路、4は移相器制御装置、5はビーム制御計算機、6は電気長補正データ、7は計算精度補正データ

タ、8はビーム走査用位相である。

【0049】次に動作について説明する。空間より各素子アンテナ1に入射した信号は、移相器2により位相制御して電力分配合成回路3に入力される。電力分配合成回路3では、各素子アンテナからの信号を合成しモノパルス信号とモノパルス変位信号を生成して出力する。

【0050】一方、移相器2は移相器制御信号によって動作する。この移相器制御信号は、ビーム制御計算機5によって計算された所望の方向にビームを向けるためのビーム走査用位相8に、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長に差による理想波面からのずれを補正する位相データ6と、ビームを細かく制御するためのランダムな位相データ7を加えたものである。

【0051】次に、細かくビーム走査を行う場合について説明する。図2は、この発明による位相制御の演算フローを示したものである。この発明では、ビーム走査を行うためのビーム走査用位相計算がビーム制御計算機5によって行われる過程での計算精度で実現できる“数1”で示されるところの微小ビーム走査特性が大きく、より細かくビーム走査を行うことが必要な場合、その計算精度の不足を補うデータ7をビーム制御計算機5によって計算されたビーム走査用位相8に加えるようにしている。

【0052】次に、計算精度の不足を補うデータの役割について説明する。従来の場合、前述の“数3”にて求められる最大のビーム方向変化の発生は、ビーム制御計算機5で計算されたAビットのビーム走査用位相8のビット列のうち、移相器のビット数に相当する上位のBビットを除いた部分がすべて0となる場合の近傍において発生する。これは、上記の状態が、Bビットに量子化された位相データと真値とが一致している状態から、少しでもビーム走査を行うために発生する量子化誤差が、アンテナ面内に片寄って発生するためである。

【0053】よって、この片寄りをなくすデータとして、所望の微小ビーム走査特性を得るのに必要な計算時のビット数Cのうち、実際のビーム制御計算機5の計算時のビット数Aに相当する上位Aビット分を除いた部分に、0～2¹⁰⁰の値をとるランダムな数値を入れ上位Aビット分はすべて0となるようなデータを保持し、ビーム制御計算機5から送られたビーム走査を行うためのビーム走査用位相8に、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長に差による理想波面からのずれを補正する位相データ6を加えて理想波面に近付けた後に、ビームを細かく制御するための計算精度補正データ7を加えて、移相器の設定するBビット量子化を行うことにより、ビーム走査用位相8を演算する過程で発生した誤差がアンテナ面上で片寄ることなくアンテナ面上に分散されるので、大きなビーム偏移が発生することなくビームを細かく走査できる。

【0054】図3に、この発明によるフェーズドアレー

アンテナの微小ビーム走査特性の計算結果を示す。計算は、移相器2のビット数Bを5ビット、ビーム制御計算機5の計算ビット数Aおよび電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差を補正する位相データ6の量子化ビット数Cを8ビットとし、所望の微小ビーム走査特性を得るために必要な計算ビット数Cを16ビットとした場合について行った。

【0055】また、図4に、“数3”で示される値が発生する場合の、誤差を含んだ素子のアンテナ面上での分布を示す。図中、9は誤差が+1ビットの素子、10は誤差が-1ビットの素子である。

【0056】図3、図4から分るように、微小ビーム走査特性は改善され、誤差の発生している素子のアンテナ面上での片寄りが無くなっていることがわかる。

【0057】実施例2。図5は、この発明の実施例2について説明したものである。この実施例2はアンテナが任意の周波数帯域を持ち、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6を周波数帯域内で複数個持つ場合についての例である。この実施例は、移相器に設定される位相データは、ビーム制御計算機5で計算されたビーム走査位相8に、RF信号の周波数に応じた周波数帯域の電気長補正データ6を加え、周波数に関係なく1つ保持しているビーム制御計算機5の計算精度を補正する計算精度補正データ7を加えて移相器に設定するための量子化を行う場合について示している。ここで計算精度補正データ7は、実施例1で説明したように、ビーム走査位相8を計算するうえで発生する計算誤差を含んだ素子をアンテナ面上に片寄ることなく分散させる役割を持つデータであり、周波数によって選択される電気長補正データ6との組合せによって、誤差を含んだ素子のアンテナ面上への分散の仕方が変化しただけであり周波数に依存せず1つ持てばよく、実施例1と同様に細かくビーム走査を行うことができる。

【0058】実施例3。図6は、この発明の実施例3について説明したものである。上記の実施例2では、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6をビーム制御計算機5内の計算ビット数と同じビット数で量子化し、不足している計算精度を補うランダムな位相データ7を別途保持する場合について述べたが、図6に示す例は、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6を所望の細かさでビーム走査を行うのに必要なビット数で量子化した場合を示している。この場合、上記の実施例における計算精度補正データに当たるデータは、電気長補正データに含まれていることになり、電気長補正データをビーム走査用位相に加えることにより、誤差を含んだ素子をアンテナ面上に片寄ることなく分散させることができ、ビームを細かく走査することができる。

【0059】実施例4. 図7は、この発明の実施例4について説明したものである。上記の実施例1では、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6をビーム制御計算機5内の計算ビット数と同じビット数で量子化し、不足している計算精度を補うランダムな位相データ7を別途保持する場合について述べたが、図7に示す例は、不足している計算精度を補うランダムな位相データ7を1つ保持する代りに、計算精度を補うのに必要なビット長の乱数を発生させる乱数発生回路11を有する場合を示しており、この乱数発生回路で発生させたデータをビーム走査用位相に加えることによって上記実施例と同様に効果を得られる。

【0060】実施例5. 図8は、この発明の実施例5について説明したものである。この実施例はアンテナが任意の周波数帯域を持ち、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6を周波数帯域内で複数個持ち、不足している計算精度を補うランダムな位相データ7は周波数に関係なく1つ持つだけ発生する乱数発生回路11を有する場合の例で、実施例2における計算精度補正データ7の代りとなるランダムなデータを乱数発生回路にて発生させ、ビーム走査用位相8に加えるようにしたので、上記実施例と同様に、誤差を含んだ素子をアンテナ面上に片寄ることなく分散させることができ、細かくビーム走査を行うことができる。

【0061】実施例6. 図9はこの発明の実施例6を示すモジュールMの図であり、図において、2は移相器、12は位相演算回路、13は低雑音増幅器、6は電気長補正データ、7は計算精度補正データである。

【0062】次に動作について説明する。空間より各素子アンテナ1に入射した信号は、モジュール内の低雑音増幅器13で増幅され移相器2により位相制御されて電力分配合成回路3に入力される。電力分配合成回路3では、各モジュールMからの信号を合成しモノパルス信号とモノパルス差信号を生成して出力する。

【0063】一方、移相器2はモジュール内位相演算回路12からの信号によって動作する。この信号は、ビーム制御計算機によって計算されモジュールに送られた所望の方向にビームを向けるためのビーム走査用位相8に、位相演算回路12内の電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6とビームを細かく制御するためのランダムな位相データ（計算精度補正データ）7を加えたものである。

【0064】次に、細かくビーム走査を行う場合について説明する。図10は、この発明による位相制御の演算フローを示したものである。この発明では、ビーム制御計算機4によって行われるビーム走査を行うためのビーム走査用位相8と電力分配合成回路3から素子アンテナ

1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相6を位相演算回路12内にて加算する計算が、ビーム制御を行う計算精度で実現できる「数4」で示されるところの微小ビーム走査特性が大きく、より細かくビーム走査を行うことが必要な場合、その計算精度の不足を補うデータ7を位相演算回路12内に保持し、ビーム制御計算機4によって計算されたビーム走査用位相8に加えるようにしている。

【0065】次に、計算精度の不足を補うデータの役割について説明する。従来の場合、前述の「数3」にて求められる最大のビーム方向変化の発生は、モジュール内位相演算回路12で計算されたAビットのビーム走査用位相データ8のビット列のうち、移相器2のビット数に相当する上位のBビットを除いた部分がすべて0となる場合の近傍において発生する。これは、上記に状態が、Bビットに量子化された位相データと真値とが一致している状態から、少しでもビーム走査を行うために発生する量子化誤差が、アンテナ面内に片寄って発生するためである。

【0066】よって、位相演算回路12内に、この片寄りをなくすデータとして、所望の微小ビーム走査特性を得るのに必要な計算時のビット数Cのうち、実際の位相演算回路12での計算時のビット数Aに相当する上位Aビット分を除いた部分に、 $0 \sim 2^{B-A}$ の値をとるランダムな数値を入れ上位Aビット分はすべて0となるようなデータを保持し、ビーム制御計算機4から送られたビーム走査用位相データ8に上記データと、電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6を加えた後に、移相器2の設定するBビット量子化を行うことにより、ビーム走査用位相データ8を演算する過程で発生した誤差がアンテナ面上で片寄ることなくアンテナ面場に分散されるので、大きなビーム偏移が発生することなくビームを細かく走査できる。

【0067】この発明の実施例6によるフェーズドアラアンテナの微小ビーム走査特性の計算結果を図3に示す。計算は、移相器6のビット数Bを5ビット、モジュール内位相演算回路7の計算ビット数Aおよび電力分配合成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差を補正する位相データ9の量子化ビット数Aを8ビットとし、所望の微小ビーム走査特性を得るために必要な計算ビット数Cを16ビットとした場合について行った。

【0068】また、図4に、「数3」で示される値が発生する場合の、誤差を含んだ素子のアンテナ面上での分布を示す。図中、10は誤差が+1ビットの素子、11は誤差が-1ビットの素子である。

【0069】図3、図4から分るように、微小ビーム走査特性は改善され、誤差の発生している素子のアンテナ面上での片寄りが無くなっていることがわかる。

【0070】実施例7. 図11は、この発明の実施例7

によるモジュールについて説明したものである。この実施例はアンテナが任意の周波数帯域を持ち、電力分配成回路3から素子アンテナ1までの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを周波数帯域内で複数個持つ場合についての例である。この実施例7は、移相器2に設定されるデータは、ビーム制御計算機で計算されたビーム走査用位相に、RF信号の周波数に応じた周波数の電気長補正データ6を加え、周波数に関係なく1つ保持しているビーム制御計算機の計算精度を補正する計算精度補正データ7を加えて移相器2に設定するための量子化を行う場合について示している。ここで、計算精度補正データ7は、実施例1で示したように、ビーム走査用位相8を計算するうえで発生する計算誤差を含んだ素子をアンテナ面上にかたよることなく分散させる役割を持つデータであり、周波数によって選択される電気長補正データとの組合せによって、誤差を含んだ素子のアンテナ面上への分散の仕方が変化するだけであり周波数に依存せず1つ持てばよく、実施例1と同様に細かくビーム走査を行うことができる。

【0071】実施例8。図12は、この発明の実施例8について説明したものである。上記の実施例では、電力分配成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データをモジュール内位相演算回路12の計算ビット数と同一ビット数で量子化し、不足している計算精度を補うランダムな位相データを別途保持する場合について述べたが、図12に示す例は、電力分配成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6を所望の細かさでビーム走査を行うのに必要なビット数で量子化した場合を示している。この場合、上記の実施例における計算精度補正データに当るデータは、電気長補正データ8に含まれていることになり、電気長補正データ6をビーム走査用位相に加えることにより、誤差を含んだ素子をアンテナ面上にかたよることなく分散させることができ、ビームを細かく走査することができる。

【0072】実施例9。図13は、この発明の実施例9によるモジュールについて説明したものである。実施例1では、計算精度を補正するランダムな位相データを1つ保持する場合について述べたが、図13に示す例は、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生させる乱数発生回路11を有する場合を示しており、この乱数発生回路11で発生させたデータをビーム走査用位相8に加えることによって上記実施例と同様な効果が得られる。

【0073】実施例10。図14は、この発明の実施例10によるモジュールについて説明したものである。この実施例はアンテナが任意の周波数帯域を持ち、電力分配成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データ6を周波数帯域内で複数個持つ、周波数に関係なく不足している計算精

度を補うランダムな位相データを乱数発生回路11にて発生させ、ビーム走査用位相に加えるようにしたので、上記実施例と同様に、誤差を含んだ素子をアンテナ面上にかたよることなく分散させることができ、細かくビーム走査を行うことができる。

【0074】実施例11。図15は、この発明の実施例11によるモジュールについて説明したものである。上記実施例では、ビーム走査用位相データはビーム制御計算機で計算される場合について述べたが、図15に示す実施例では、ビーム制御計算機から素子座標と波長とビーム指向方向データ15を各モジュールに設定し各モジュール内でビーム走査用位相を演算する場合を示しており、不足している計算精度を補うランダムな位相データ12をモジュール内位相演算回路12内に保持して14で演算されたビーム走査用位相に加えることにより上記実施例と同様な効果を奏する。

【0075】実施例12。図16は、この発明の実施例12によるモジュールについて説明したものである。上記実施例では、ビーム走査用位相データはビーム制御計算機で計算される場合について述べたが、図16に示す実施例では、ビーム制御計算機から素子座標と波長とビーム指向方向データ15を各モジュールに設定し各モジュール内でビーム走査用位相を演算する場合を示しており、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路11を位相演算回路12内に有し演算されたビーム走査用位相に加えることにより上記実施例と同様な効果を奏する。

【0076】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、電力分配成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを保持し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えるようにしたので、ビーム制御計算機又はモジュール内位相演算回路の計算精度で実現できる以上の細かさでビーム走査を行うことのできるフェーズドアレイアンテナを得られるという効果がある。

【0077】また、任意の周波数帯域内で、電力分配成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを複数個移相器制御装置内又はモジュール内位相演算回路内に保持している場合、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に関係なく1つ保持し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えるようにしたので、ビーム制御計算機又はモジュール内位相演算回路の計算精度で実現できる以上の細かさでビーム走査を行うことのできるフェーズドアレイアンテナを得られるという効果がある。

【0078】また、電力分配成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する

位相を所望の細かさでビーム走査ができる計算精度で量子化した位相データを保持し、ビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えるようにしたので、ビーム制御計算機又はモジュール内位相演算回路の計算精度で実現できる以上の細かさでビーム走査を行うことのできるフェーズドアレーアンテナを得られるという効果がある。

【0079】また、電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データと、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えるようにしたので、ビーム制御計算機又はモジュール内位相演算回路の計算精度で実現できる以上の細かさでビーム走査を行うことのできるフェーズドアレーアンテナを得られるという効果がある。

【0080】また、任意の周波数帯域内で、電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを複数個移動制御装置内に保持している場合、不足している計算精度を補うランダムな位相データを周波数に関係なく1つ発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えるようにしたので、ビーム制御計算機の計算精度で実現できる以上の細かさでビーム走査を行うことのできるフェーズドアレーアンテナを得られるという効果がある。

【0081】また、任意の周波数帯域内で、電力分配合成回路から素子アンテナまでの電気長の差による理想波面からのずれを補正する位相データを複数個モジュール内位相演算回路内に保持している場合、不足している計算精度を補うランダムな位相データを発生する乱数発生回路を有し、それぞれの位相データをビーム制御計算機から送られるビーム走査用位相に加えるようにしたので、モジュール内位相演算回路の計算精度で実現できる以上の細かさでビーム走査を行うことのできるフェーズドアレーアンテナを得られるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1によるフェーズドアレーアンテナ装置の構成を示す図である。

【図2】この発明の実施例1によるフェーズドアレーアンテナ装置の位相演算のフローを示す図である。

【図3】この発明の実施例1および6によるフェーズドアレーアンテナ装置の微小ビーム走査特性の計算例を示す図である。

【図4】この発明の実施例1および6によるフェーズドアレーアンテナ装置の微小ビーム走査時の演算誤差のアンテナ面上でのばらつきの例を示す図である。

【図5】この発明の実施例2によるフェーズドアレーアンテナ装置の構成を示す図である。

【図6】この発明の実施例3によるフェーズドアレーア

ンテナ装置の構成を示す図である。

【図7】この発明の実施例4によるフェーズドアレーアンテナ装置の構成を示す図である。

【図8】この発明の実施例5によるフェーズドアレーアンテナ装置の構成を示す図である。

【図9】この発明の実施例6によるモジュールの構成を示す図である。

【図10】この発明の実施例6によるフェーズドアレーアンテナ装置の位相演算のフローを示す図である。

10 【図11】この発明の実施例7によるモジュールの構成を示す図である。

【図12】この発明の実施例8によるモジュールの構成を示す図である。

【図13】この発明の実施例9によるモジュールの構成を示す図である。

【図14】この発明の実施例10によるモジュールの構成を示す図である。

【図15】この発明の実施例11によるモジュールの構成を示す図である。

20 【図16】この発明の実施例12によるモジュールの構成を示す図である。

【図17】従来のフェーズドアレーアンテナ装置の構成を示す図である。

【図18】従来のモジュールの構成を示す図である。

【図19】従来のフェーズドアレーアンテナ装置の位相演算のフローを示す図である。

【図20】従来のフェーズドアレーアンテナ装置の構成を示す図である。

【図21】従来のフェーズドアレーアンテナ装置の位相演算フローを示す図である。

30 【図22】従来のフェーズドアレーアンテナ装置の微小ビーム走査特性の計算例を示す図である。

【図23】従来のフェーズドアレーアンテナ装置の微小ビーム走査時の演算誤差のアンテナ面上でのばらつきの例を示す図である。

【符号の説明】

1 素子アンテナ

2 移相器

3 電力分配合成回路

40 4 移相器制御装置

5 ビーム制御計算機

6 電気長補正データ

7 計算精度補正データ

8 ビーム走査用位相

9 誤差を+1含んだ素子

10 誤差を-1含んだ素子

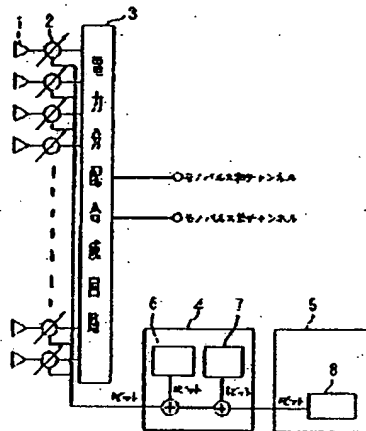
11 乱数発生回路

12 位相演算回路

13 低雑音増幅器

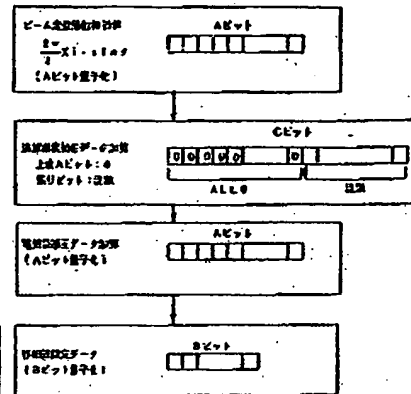
50 14 ビーム走査位相演算回路

【図1】

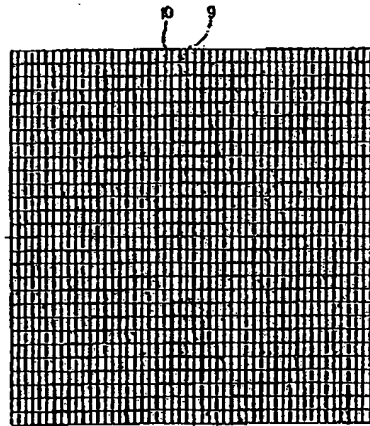


- 1: 電子アンテナ
2: 分岐器
3: 切換スイッチ
4: 受信機
5: 送信機
6: ビーム指向方向計算部
7: 波長計算部
8: ビーム指向方向データ

【図2】

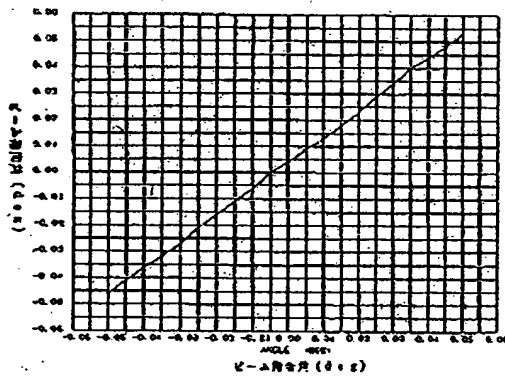


【図4】

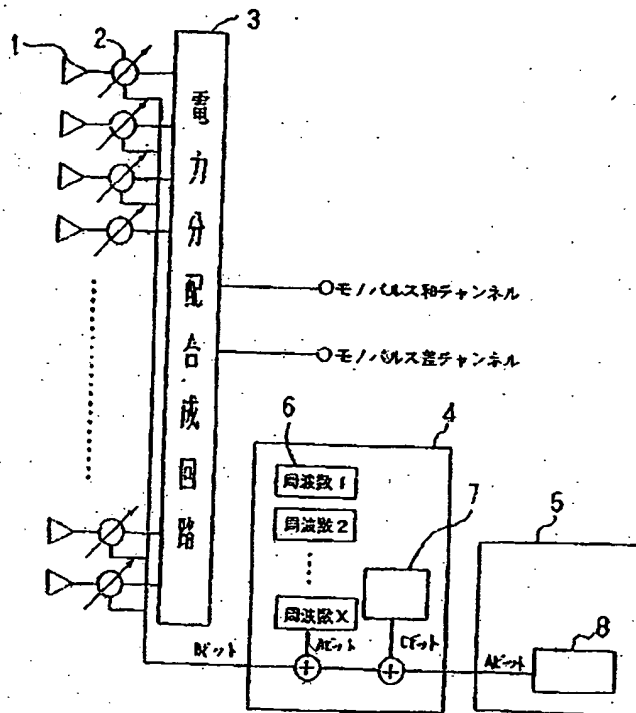


- 9: 波長が+1の電子
10: 波長が-1の電子

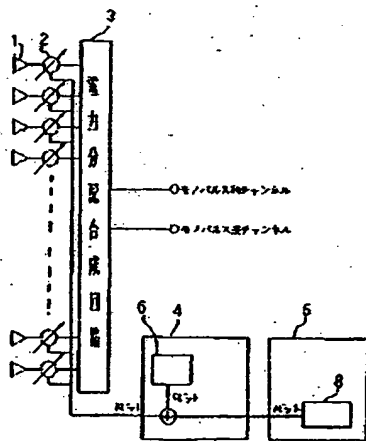
【図3】



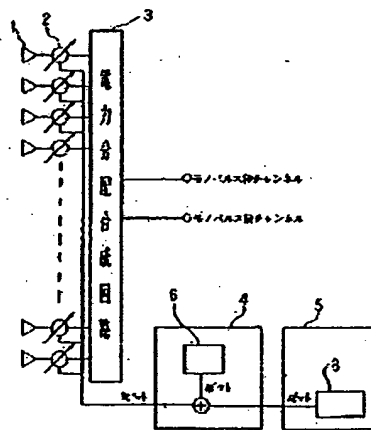
【図5】



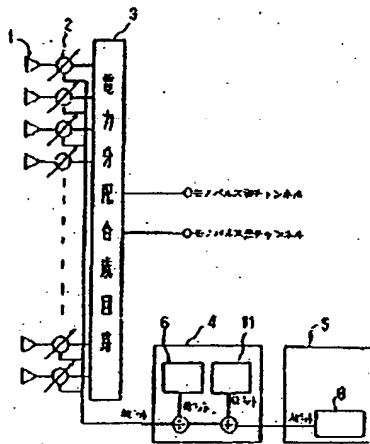
【図6】



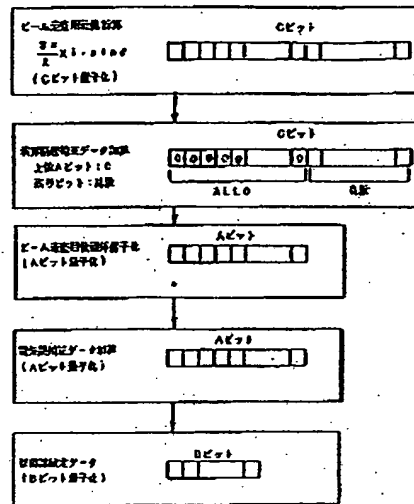
【図17】



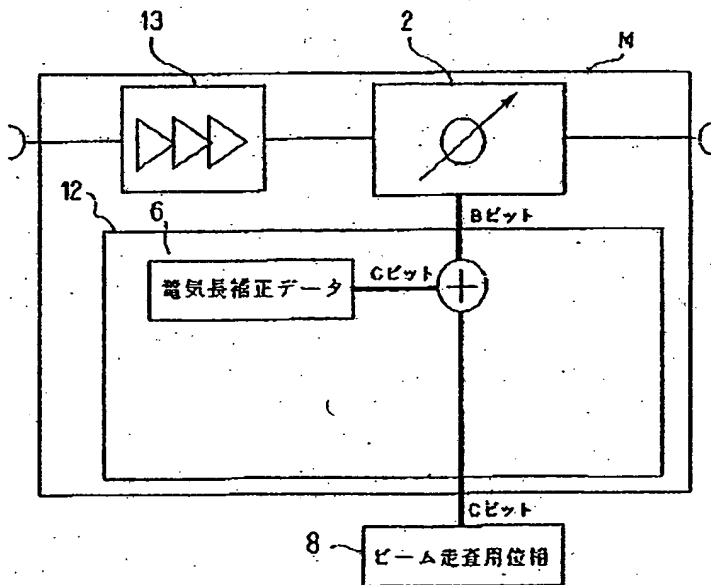
【図7】



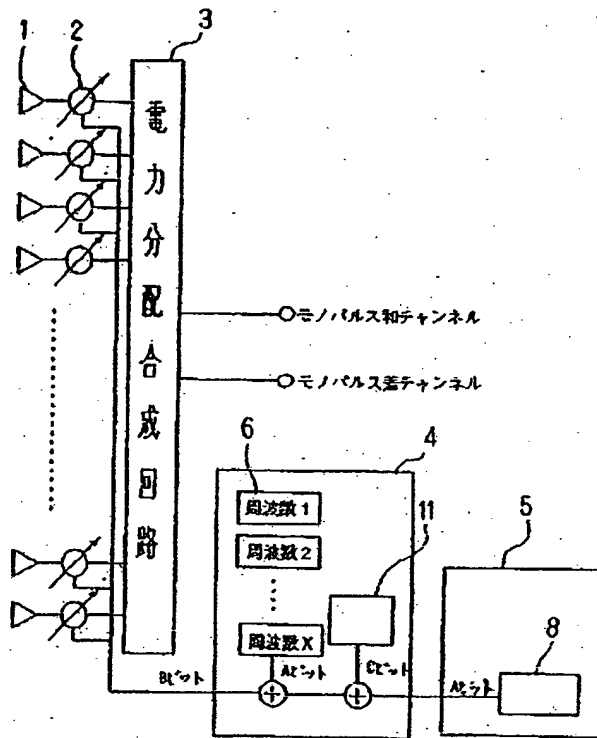
【図10】



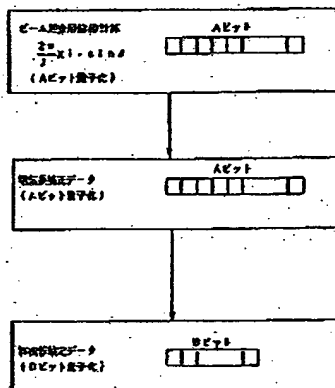
【図12】



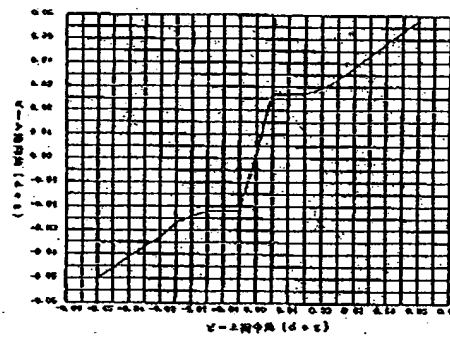
【図8】



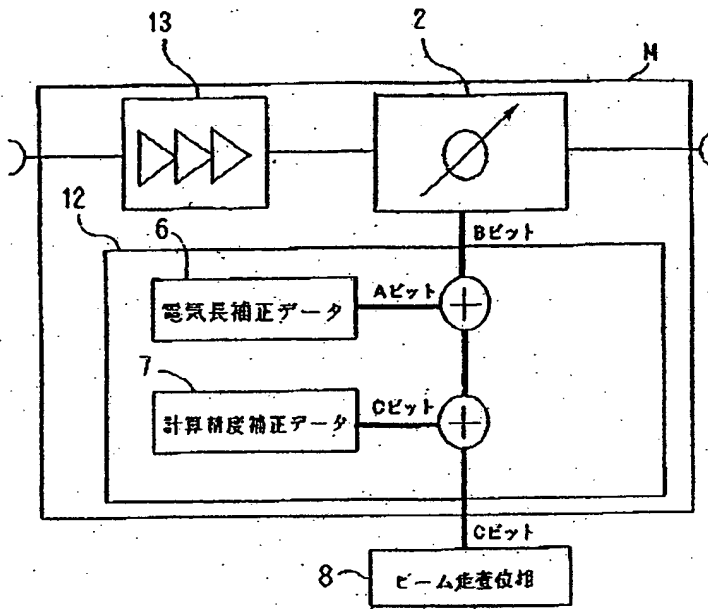
【図18】



【図19】



【図9】

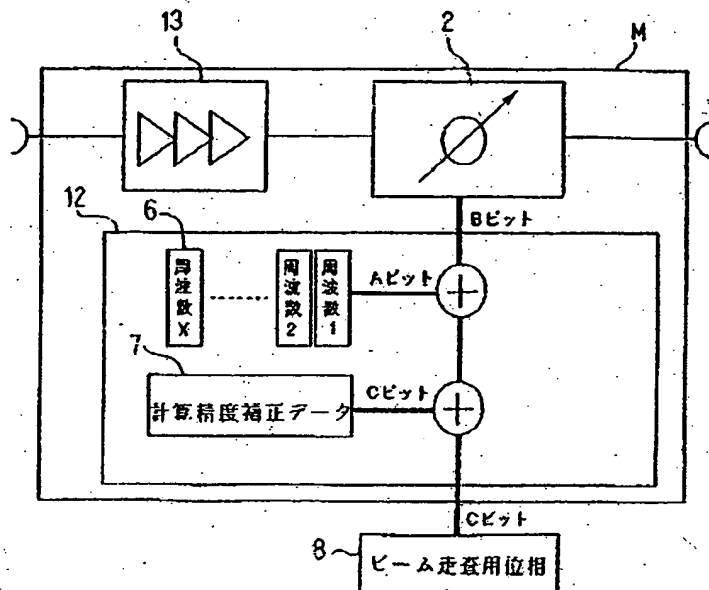


2: 移相器

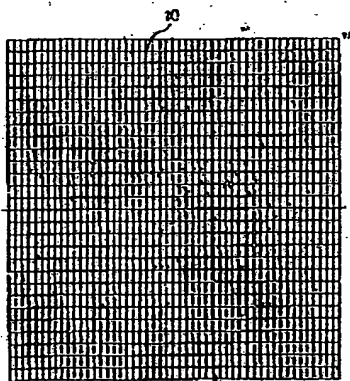
12: 位相演算回路

13: 低域増幅器

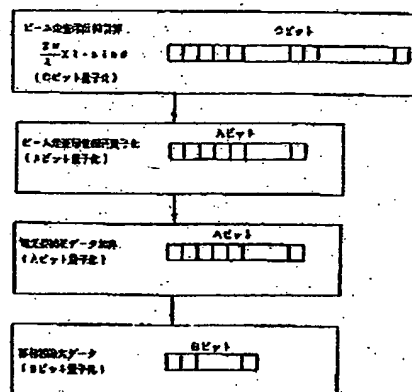
(圖 11)



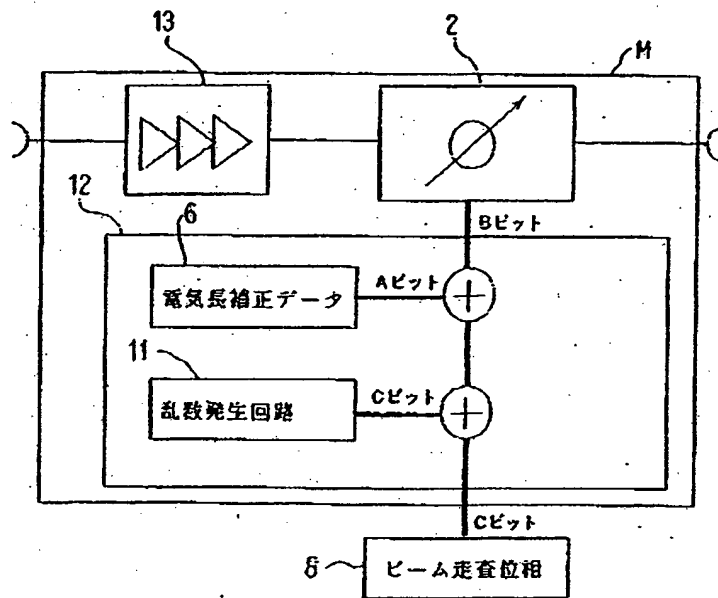
【図20】



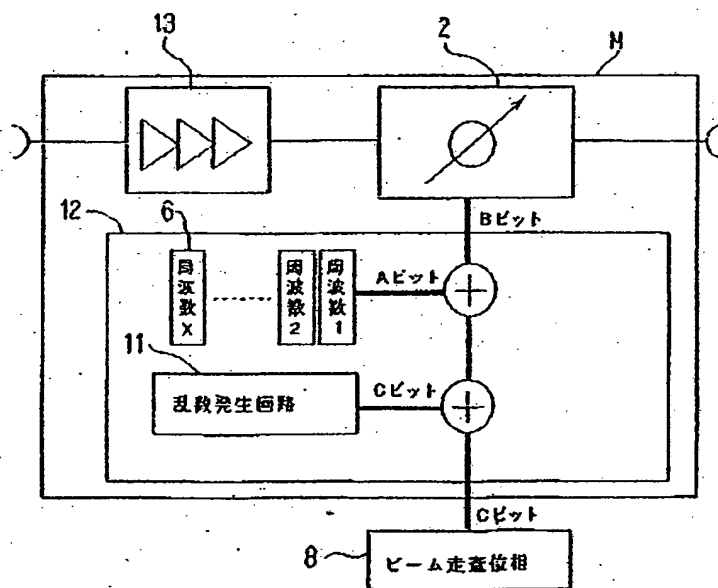
【圖23】



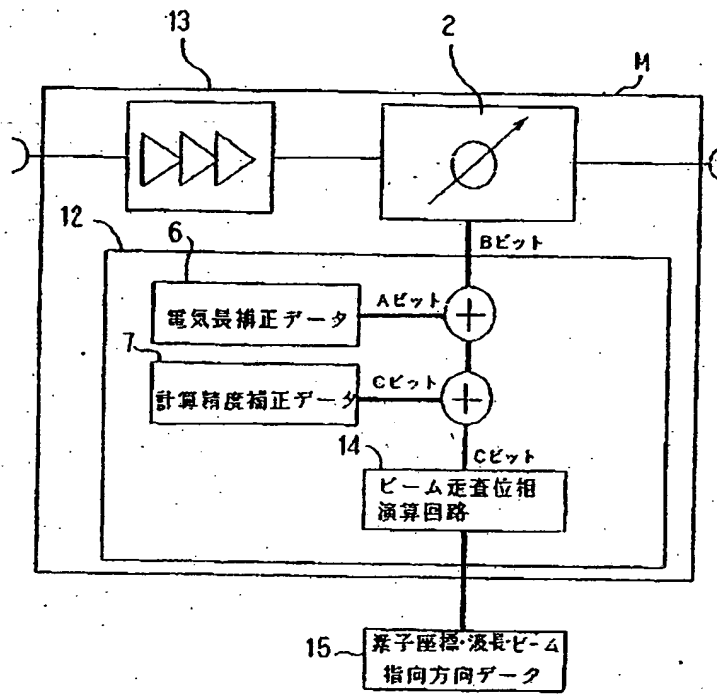
【図13】



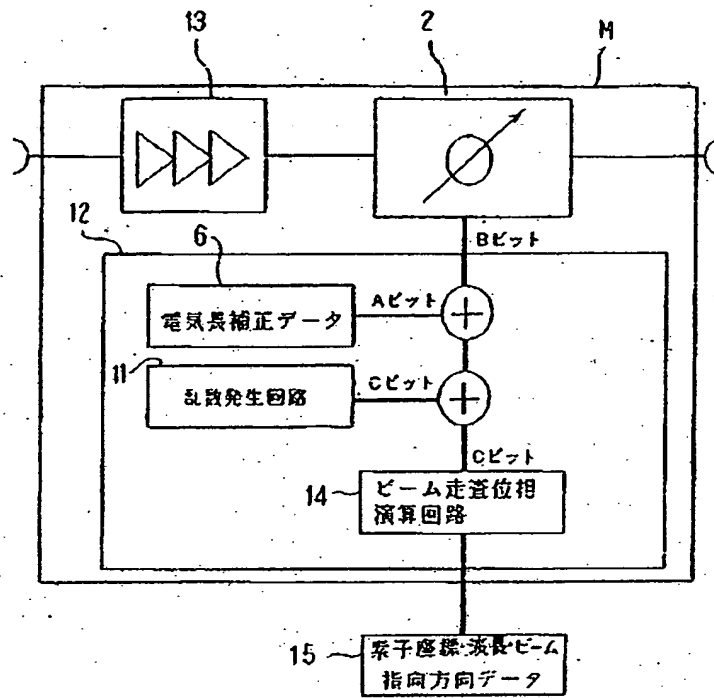
【図14】



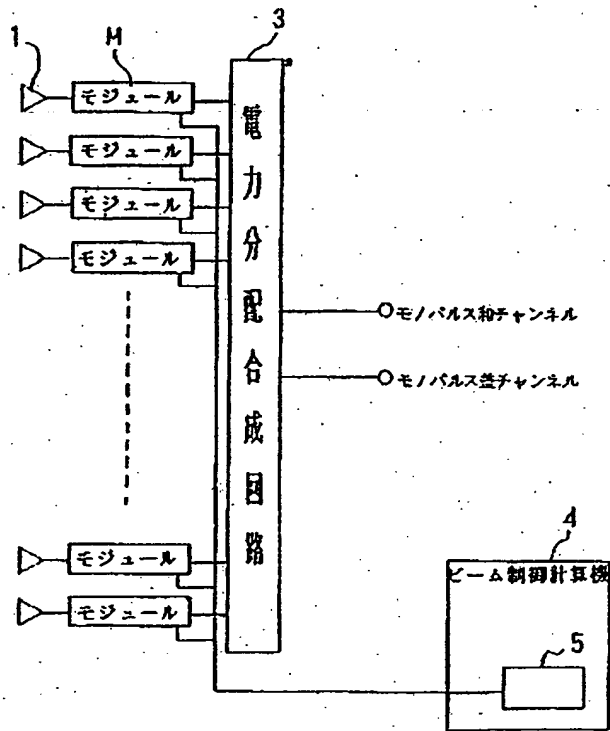
【図15】



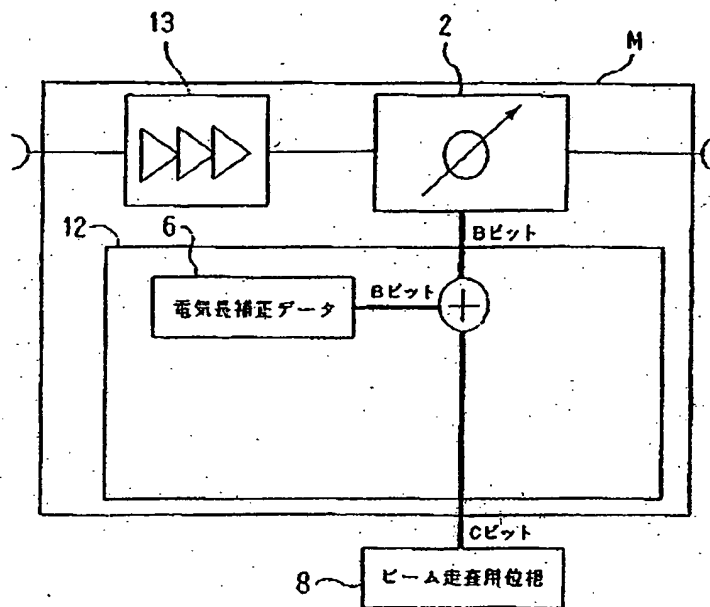
【図16】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 青木 俊彦
 鎌倉市上町屋35番地 三菱電機株式会社
 鎌倉製作所内